

밤 외피 경도가 화염박피 효율에 미치는 영향

김종훈*	박재복*	최장현**	김재민**
정희원	정희원	정희원	정희원
J. H. Kim	J. B. Park	C. H. Choi	J. M. Kim

1. 서 론

국내 밤 생산량은 70년대 이후 꾸준히 증가하여 연간 10만톤을 상회하고 있으며, 세계 생산량의 20%을 차지하고 있다. 밤의 수출도 1971년 이후 증가하여 1992년에 32,855톤을 수출하였으며, 1996년에는 108,346톤의 국내 밤 생산량에서 29,450톤을 수출하였으며 수출액은 1억 1천 2백만 달러에 달하고 있다. 밤은 임산물 수출액중 차지하는 비중이 21%로, 48%의 석재류를 제외하면 합판을 비롯한 목재류와 같은 실정으로 밤 수출은 임산물 수출에서 중요한 비중을 차지하고 있는 주요 수출품목이다.

국내에서 밤 박피 가공기술에 관한 연구는 1970년대 후반부터 1980년대 초까지 밤 껍질을 화학적으로 처리하는 방법, 밤 껍질의 연소방법, 절단칼날을 이용한 방법 등이 수행되었으나 실제로 산업화되어 국내의 밤 박피 가공공장에 활용되지는 못하였다. 최근 김 등(1997)은 화염박피(flame peeling) 방법을 이용한 밤 박피 시스템을 개발하여 발표하였으며, 개발된 시스템은 산업화가 가능한 것으로 보고하였다.

김 등이 발표한 밤 박피 시스템의 박피공정은 원료밤 선별, 저장, 밤 외피 건조처리, 화염박피, 마찰식 내외피 제거 등으로 화염박피전 건조과정을 거치게 되어있다. 이 건조처리 과정은 밤 외피의 경도를 낮추어 화염박피 효율을 높이기 위한 전처리 공정으로서 박피공정에 있어서 중요한 역할을 하고 있다. 김 등은 건조온도 50~80 ℃, 건조시간 10~70 분 범위에서는 밤 과육의 이화학적 특성과 물리적 특성에는 큰 영향을 미치지 않고, 건조처리시 밤 외피의 경도가 떨어지는 것으로 나타나며, 1996년산 추과품종의 경우 적정 건조조건이 건조온도 60 ℃, 건조시간 40 분으로 발표하였다. 그러나 밤은 임산물로서 품종, 크기 및 생산시기별로 외피의 물리적 특성이 다르므로, 적정 건조처리 조건은 밤의 품종, 크기 및 생산시기에 따라 다르게 나타난다. 그러므로 김 등이 발표한 밤 박피 시스템이 산업화되려면 밤 외피의 물리적 특성 중에서 화염박피에 가장 큰 영향을 미치는 밤 외피 경도에 따른 박피특성을 구명하여 밤의 품종, 크기, 생산시기에 따른 적정 건조조건을 설정할 수 있어야 한다.

본 연구의 목적은 국내산 밤의 품종, 크기 및 생산시기에 따른 밤 외피 경도를 분석하고 이들 밤 외피의 경도가 화염박피 효율에 미치는 영향을 구명하여 밤의 품종, 크기, 생산시기에 따른 적정 건조조건 설정방안을 제시하는데 있다.

* 한국식품개발연구원

** 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

2. 재료 및 방법

가. 실험장치 및 재료

본 연구에서 사용한 실험장치는 1997년도에 발표한 화염 박피 시스템을 사용하였으며, 본 장치는 밤 원료를 이송 및 공급하는 이송 공급장치와 이송 공급장치로부터 공급된 밤에 화염을 분사하여 밤의 내외피를 연소시키는 화염 박피 장치 및 화염 박피 장치에서 내외피가 연소된 밤의 내외피를 마찰력을 이용하여 제거하여 주는 연속 마찰식 내외피 제거 장치로 구성되어있다.

시료는 충남 부여군 밤 영농조합 수확지에서 수확한 밤으로서 품종은 은기와 옥광을 사용하였고, 크기별로는 중울과 대울을 사용하였으며, 생산시기는 1996년도와 1997년도에 생산한 것을 사용하여 2년에 걸쳐 실험이 수행되었다. 본 연구에서 사용된 시료는 생울을 육안과 비중선별을 통하여 상처과, 해충과, 비정상과를 제거하고 정상과를 실험재료로 사용하였다. 비중선별은 시료채취의 균일화를 위하여 수행되었으며, 비중 1.02(Be')의 염수중에서 가라앉는 생울을 채취하여 수도물에서 염을 깨끗이 제거한 후 온도 1 ± 2 °C, 상대습도 80 %의 저온저장고에 저장하여 사용하였다.

나. 실험방법

밤 외피의 경도측정

건조처리 조건에 따른 밤 외피의 경도는 침투시험(puncture test)을 통하여 측정하였다. 침투시험은 Stable Micro System(영국)의 텍스처 분석기(texture analyser)를 이용하여 직경 2 mm의 침(probe)을 0.2 mm/s 속도로 밤의 외피로부터 10 mm까지 침투시켜 밤 외피의 경도를 측정하였다. 침투시험은 간단하면서도 가장 널리 사용되고 있는 조직측정 방법인데 시료조직에 침이 들어 가는데 필요한 힘의 함수로 경도나 단단함을 표시한다. 이 시험은 힘을 측정하는 기기와 시료안으로 들어가는 침, 들어가는 깊이 등은 항상 고정되어 있으며 침이 들어갈때 생기는 마찰은 전혀 고려하지 않는다. 이러한 침투시험은 감자의 경도측정(Anzaldúa, 1992; Lee, 1982), 채소류의 조직측정(Moreira, 1994), 토마토의 경도측정(Voisey, 1992), 사과와의 경도측정(Sams, 1993), 복숭아의 강도측정(Zhang, 1994; Bourne, 1974), 달걀 껍질의 강도측정(Williard, 1909), 육류의 조직평가(Dransfield, 1984) 등의 각종 농축산물 조직특성 연구에 사용되었다.

품종, 크기, 생산시기별 밤 외피의 박피특성 실험

품종, 크기, 생산시기별 밤 외피의 박피특성 실험에 사용된 시료는 은기와 옥광 품종, 크기는 대울과 중울, 생산시기는 1996년과 1997년에 생산된 밤을 사용하였으며, 2년에 걸쳐 박피실험을 수행하였다. 각 시료별 경도는 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm², 화염온도는 700, 750 °C를 사용하였고, 기타 박피가공 조건은 김 등(1997)이 발표한 적정 박피조건인 연소시간 25 초, 연속 마찰식 내외피제거기의 회전속도 160 rpm으로 하였다.

밤 외피 경도별 박피특성 실험

밤 외피의 경도가 박피효율에 미치는 영향을 구명하기 위하여 밤 외피 경도에 따른 화염 박피 실험을 수행하였다. 박피실험에서 사용된 밤 외피의 경도는 1300, 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm², 연소온도는 600, 650, 700, 750, 800 °C로 하였고, 기타 박피가공 조건은 연소시간 25 초, 연속 마찰식 내외피제거기의 회전속도 160 rpm으로 하였다. 실험은 각 처리구별로 공시재료인 50 개의 밤을 3회 반복 수행하였으며, 박피율은 투입된 시료 밤에 대하여 박피 공정 후 완전히 박피된 밤의 비율로 나타내었고, 박피공정 중 깨진 밤, 상처 입은 밤 및 내피의 일부분이 남아 있는 밤은 박피되지 않은 밤으로 포함시켜 박피율을 계산하였다. 열침투 깊이는 화염박피 후 박피된 밤을 이등분하여 열이 밤 과육에 침투한 깊이를 측정하여 나타내었다. 열침투 깊이는 열침투가 깊어지면 밤의 가공특성이 나빠지고, 생울로 유통 시에는 열침투 부분을 제거하여야 하므로 손실율과 밀접한 관계를 가지고 있어 박피조건을 결정시 중요한 평가 기준이다(김 등 1997).

3. 결과 및 고찰

가. 건조처리에 따른 밤 외피의 경도 예측 방정식

원료밤을 건조처리시 밤 외피의 경도변화를 측정하여 실험재료인 1996년산 은기품종 중울, 1997년산 은기품종 중울, 은기품종 대울, 옥광품종 중울에 대하여 외피 경도를 예측할 수 있는 방정식을 구하였다. 본 실험에서는 40, 50, 60, 70, 80 °C의 건조온도와 건조시간 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 분의 건조처리구별로 10개씩의 밤 외피의 경도를 측정하여, 건조처리 조건과 밤 외피 경도를 다중선형 회귀분석(multiple linear regression)을 실시하였다. 회귀분석은 통계프로그램인 SAS 6.11을 사용하였으며, 회귀모형에서 변수선택에서는 R² 선택법(R² selection)을 이용하였다.

밤 외피의 경도 예측 회귀분석 결과, 경도 예측 방정식은 건조온도와 건조시간을 독립변수로 하는 2차 방정식으로 나타났으며, 회귀분석 결과는 표 1과 같다. 표 1에서 보는바와 같이 실험에 사용한 각 시료에서 밤 외피 경도 예측 방정식의 상관계수(R²)는 0.91이상이고, 회귀모형의 적합도를 나타내는 F 값은 60.289, 79.998, 55.977, 96.079이며 그 확률은 0.0001로서 통상적인 유의수준 0.05보다 훨씬 적으므로 표 1에서의 밤 외피 경도 예측 방정식은 유의한 것으로 분석되었다.

나. 밤 외피 경도에 따른 박피특성

1) 건조조건별 밤 외피의 박피특성

1997년산 은기 중울의 경도 예측 방정식을 이용하여 밤 외피의 경도가 1900 g/mm²인 건조처리 조건은 건조온도 40 °C · 건조시간 56 분, 건조온도 50 °C · 건조시간 41 분, 건조온도 60 °C · 건조시간 32 분 및 건조조건 70 °C · 건조시간 20 분의 4가지 경우로 나타났다. 이들

4가지 건조조건에 대한 화염박피실험 결과는 표 2에 나타내었으며, 건조처리별로 연소온도 700 ℃에서는 57.5, 58.3, 54.4, 48.3 %의 박피율을 나타내었으며, 연소온도 750 ℃에서는 70.3, 69.9, 68.0, 72.4 %의 박피율을 나타내었다.

표 1. 밤 외피 경도 예측 방정식

$$Y = a + b x_1 + c x_1^2 + d x_2 + e x_2^2 \quad 1)$$

Sample (variety_size_year)	Coefficient	R ²	F value	Prob>F
Ungi_Midume_1996	a = 2177.428 b = 33.752 c = -0.442 d = -31.506 e = 0.230	0.920	60.289	0.0001
Ungi_Midume_1997	a = 2295.581 b = 33.387 c = -0.435 d = -35.022 e = 0.272	0.938	79.998	0.0001
Ungi_Large_1997	a = 2569.302 b = 49.907 c = -0.611 d = -45.160 e = 0.347	0.914	55.977	0.0001
Okwang_Midume_1997	a = 2667.530 b = 23.423 c = -0.343 d = -29.909 e = 0.182	0.948	96.079	0.0001

1) regression equation

where, Y : hardness of nutshell, x₁ : drying temperature (℃)
x₂ : drying time (min), a, b, c, d, e : coefficient

표 2의 건조처리별 박피율을 변량분석(ANOVA)을 통하여 외피의 경도가 같을 때 건조처리 조건간에 박피율이 유의미한 차이가 존재하는지를 분석하였다. 변량분석 결과, 화염온도 700 ℃의 경우에는 F 값이 3.186, 확률은 0.0844이고, 화염온도 750 ℃의 경우에는 F 값이 0.3297, 확률은 0.8115로서 동일한 외피 경도에서 건조처리 조건간에 박피율의 차이는 없는 것으로 나타났다.

표 2. 건조처리 조건별 박피율

Drying condition Temp.(°C) time(min)		Flame temp. (700°C)		Flame temp. (750°C)	
		Peeling rate (%)	STD	Peeling rate (%)	STD
40	56	57.5	3.2	70.3	4.5
50	41	58.3	3.5	69.9	8.2
60	32	54.4	2.2	68.0	4.4
70	20	48.3	7.1	72.4	3.9

2) 품종, 크기, 생산시기별 밤 외피의 박피특성

밤은 임산물로서 품종, 크기 및 생산시기별로 외피의 물리적 특성이 다르므로, 적정 건조처리 조건은 밤의 품종, 크기 및 생산시기에 따라 다르게 나타난다. 밤 박피 가공시 밤의 품종, 크기, 생산시기별로 매년 박피실험을 수행하여 적정 처리조건을 설정하기에는 어려움이 따른다. 그러나 밤의 품종, 크기, 생산시기에 상관없이 일정한 밤 외피경도에서 같은 박피효율을 나타낸다면 밤의 품종, 크기, 생산시기에 따른 밤 외피 예측방정식을 이용하여 적정 건조처리 조건을 설정할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 밤의 품종, 크기, 생산시기별로 박피특성 실험을 수행하여 시료간의 박피효율 차이를 분석하였다.

밤 외피 경도가 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm²일 때 밤의 품종, 크기, 생산시기별 밤 외피의 박피특성 실험 결과는 표 3, 4에 나타내었다. 표 3은 화염온도가 700 °C에서 각 시료별 박피율을 나타낸 것이고, 표 4는 화염온도가 750 °C에서 각 시료별 박피율을 나타낸 것으로, 박피율은 1회 50개의 밤을 3반복 실험한 평균값이다.

표 3, 4의 박피실험 결과에서 동일한 밤 외피 경도에서 품종, 크기, 생산시기별 시료간에 박피율이 유의미한 차이가 나타나는 것을 분석하기 위하여 변량분석(ANOVA)을 실시하였다. 변량분석 결과, 화염온도가 700 °C에서 경도가 1500 g/mm²일 때 $F_{3,8} = 2.689$ 로서 시료간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 밤 외피 경도가 1700, 1900 g/mm²에서도 시료간의 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러므로 밤 외피 경도가 1500, 1700, 1900 g/mm²일 때 동일한 경도에서는 시료간에 동질적인 박피특성을 지니는 것으로 판단되었다. 그러나 외피 경도가 2100 g/mm²의 경우에는 $F_{3,8} = 1.18$ 로서 통상적인 유의수준 0.05 수준에서 시료간에 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었으며, 구체적인 시료간의 차이를 분석하기 위하여 DUNCAN 방법을 이용하여 사후분석을 실시하였다. 사후분석 결과, 은기 중을 시료와 옥광 중을 시료간에 박피율의 차이가 나타나는 것으로 분석되었다.

경도 2100 g/mm²경우는 1996년산 은기품종의 경우 생울이고 옥광품종의 경우 건조초기 조건으로서 건조초기에는 품종별로 박피율을 차이를 보이고 있으나, 밤 외피 경도가 1900 g/mm²보다 적은 적정 처리조건 범위에서는 밤 외피의 경도가 같으면 밤의 품종, 크기, 생산시기

별 박피율은 동질한 것으로 분석되었다.

표 3. 품종, 크기, 생산시기별 밥 외피 경도에 따른 박피율 (화염온도 700℃)
(unit : %)

Sample (variety_size_year)	Hardness (g/mm ²)			
	1500	1700	1900	2100
Ungi_Midume_1996	74.4 ^a	65.0 ^a	51.6 ^a	32.0 ^a
Ungi_Midume_1997	75.6 ^a	66.3 ^a	54.4 ^a	35.2 ^a
Ungi_Large_1997	73.2 ^a	68.7 ^a	58.0 ^a	41.9 ^{ab}
Okwang_Midume_1997	84.5 ^a	76.0 ^a	62.0 ^a	52.0 ^b

Means with the same letter in the same row are not significantly different(p<0.05) by ANOVA and Duncun method

표 4. 품종, 크기, 생산시기별 밥 외피 경도에 따른 박피율 (화염온도 750℃)
(unit : %)

Sample (variety_size_year)	Hardness (g/mm ²)			
	1500	1700	1900	2100
Ungi_Midume_1996	81.5 ^a	72.3 ^a	60.2 ^a	42.6 ^a
Ungi_Midume_1997	84.8 ^a	80.8 ^a	68.0 ^a	46.0 ^a
Ungi_Large_1997	82.5 ^a	76.0 ^a	66.0 ^a	54.5 ^{ab}
Okwang_Midume_1997	91.5 ^a	83.9 ^a	71.3 ^a	64.0 ^b

Means with the same letter in the same row are not significantly different(p<0.05) by ANOVA and Duncun method

다. 밥 외피 경도가 화염박피 효율에 미치는 영향

밥 외피 경도가 화염박피 효율에 미치는 영향을 구명하기 위하여 밥 외피 경도가 1300, 1500, 1700, 1900, 2100 g/mm²일 때 연소온도 600, 650, 700, 750, 800 ℃에서 박피특성 실험을 수행하였으며, 이때 연소시간은 25 초, 연속 마찰식 내외피제거기의 회전속도는 160 rpm이었다.

그림 1과 그림 2는 박피실험 결과로서 각 처리구별 박피율과 열침투 깊이를 나타낸 것이다. 화염온도 750 ℃의 경우, 밥 외피 경도가 2100, 1900, 1700, 1500, 1300 g/mm²으로 감소함에 따라 박피율은 42.6, 60.2, 72.3, 81.5, 92.0 %로 증가하였고, 박피 밥의 가공특성에 영향을 미치는 열침투 깊이도 1.14, 1.57, 1.83, 2.03, 2.49 mm로 증가하였다. 화염온도 700 ℃의 경우

에도 밥 외피 경도가 2100, 1900, 1700, 1500, 1300 g/mm²으로 감소함에 따라 박피율은 32.0, 51.6, 65.0, 74.4, 86.9 %로 증가하였으며, 열침투 깊이도 0.97, 1.35, 1.65, 1.87, 2.20 mm로 증가하였다. 위의 실험결과, 밥 외피 경도가 감소함에 따라 박피율과 열침투 깊이는 증가하고, 동일한 경도에서는 화염온도가 높을수록 박피율과 열침투 깊이가 큰 것을 알 수 있다.

박피실험 결과에서 열침투 깊이를 고려하여 박피효율이 높은점을 적정 밥 외피 경도로 선정하였다. 열침투 깊이는 열침투가 깊어지면 밥의 가공특성이 나빠지고 생울로 유통시에는 손실율과 밀접한 관계를 가지고 있다. 이러한 가공특성과 손실율을 고려하여 열침투 깊이를 2.1 mm로 제한할 때 적정 밥 외피 경도는 화염온도가 700 °C의 경우에는 1369.8 g/mm²로 나타났으며, 이때 박피율은 83.9 %이었고, 화염온도 750 °C의 경우에는 적정 밥 외피 경도가 1517.7 g/mm²로, 이때 박피율은 80.7 %로 나타났다.

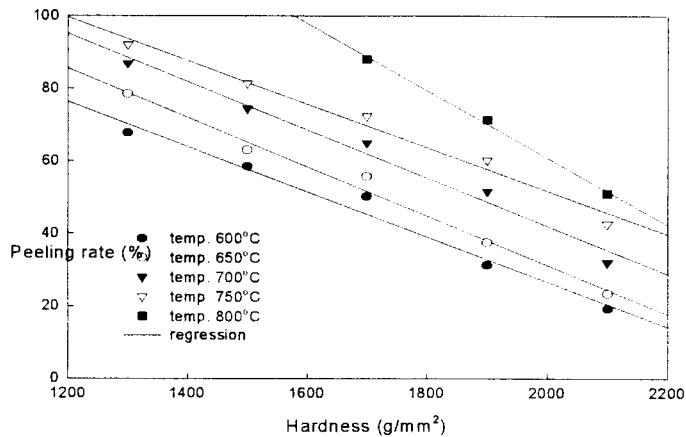


그림 1. 밥 외피 경도에 따른 연소온도별 박피율

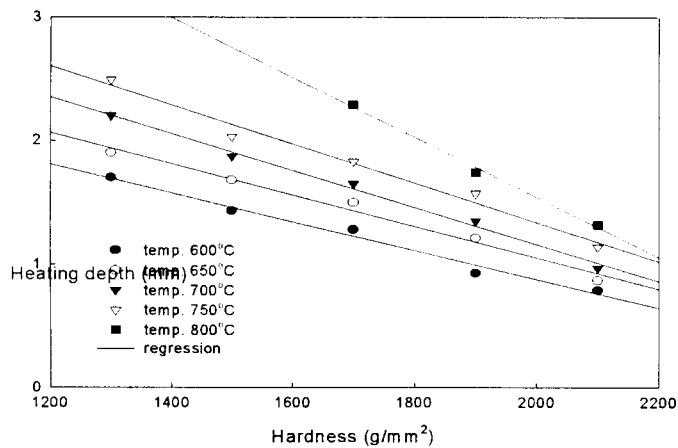


그림 2. 밥 외피 경도에 따른 연소온도별 열침투 깊이

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 국내산 밤의 품종, 크기 및 생산시기에 따른 밤 외피 경도를 분석하고 이들 밤 외피의 경도가 화염박피 효율에 미치는 영향을 구명하여 밤의 품종, 크기, 생산시기에 따른 적정 건조조건 설정방안을 제시하고자 하였다.

밤 외피 경도측정 실험을 통하여 밤 외피의 경도 예측 방정식을 구하였고, 밤 외피 경도에 따른 박피특성 실험결과에서는 동일한 경도를 나타내는 상이한 건조처리 조건간의 화염박피 특성은 차이가 없으며, 또한 밤 외피 경도가 1900 g/mm²보다 적은 적정 박피조건 범위에서는 밤의 품종, 크기, 생산 시기에 상관없이 동일한 경도에서는 동일한 화염박피 특성을 갖는 것으로 나타났다.

밤 외피 경도가 화염박피 효율에 미치는 영향을 구명하기 위하여 밤 외피 경도별 화염박피 특성 실험을 수행하였으며, 실험결과는 밤 외피 경도가 감소함에 따라 박피율과 열침투 깊이는 증가하고, 동일한 경도에서는 화염온도가 높을수록 박피율과 열침투 깊이가 큰 것으로 나타났다. 또한 가공특성과 손실율을 고려하여 열침투 깊이를 2.1 mm로 제한할 때 적정 밤 외피 경도는 화염온도가 700 °C의 경우에는 1369.8 g/mm²로 나타났으며, 이때 박피율은 83.9 %이었고, 화염온도 750 °C의 경우에는 적정 밤 외피 경도가 1517.7 g/mm²로, 이때 박피율은 80.7 %로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 김종훈, 박재복, 최창현. 1997. 밤 박피 시스템 개발. 한국농업기계학회지 22(3):289-294
2. Anzaldua, M. A., M. C. Bourne and I. Shomer. 1992. Cultivar, Specific Gravity and Location in Tuber Affect Puncture Force of Raw Potatoes. 1992. Journal of Food Technology 57(6):1353-1356
3. Dransfield, E. and R. C. Jones. 1984. Texture and Mechanical Properties of Pork Backfat. 1984. Journal of Food Technology 19(2):181-196
4. Lewis, M. J. 1987. Physical Properties of Foods and Food Processing System. Ellis Horwood Ltd. England.
5. Moreira, L. A., F. A. Rodrigues, J. Coelho and R. P. Singh. 1994. Texture Change in Vegetables during Thermal Processing. 1994. Journal of Food Processing and Preservation 18(6):497-508
6. Voisey, P. W., L. H. Lyall and M. Kloek. 1970. Tomato Skin Strength. Journal of American Society for Horticultural Science 95(4):485-488
7. Zhang, X., M. L. Stone, D. Chen, N. O. Maness and G. H. Brusewitz. 1994. Peach Firmness Determination by Puncture Resistance, Drop Impact, and Sonic Impulse. Transactions of the ASAE 37(2):495-500